

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-001393

(43)Date of publication of application : 06.01.1999

(51)Int.Cl.

C30B 29/06
C30B 15/20
H01L 21/208

(21)Application number : 10-030682

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRON CO LTD

(22)Date of filing : 13.02.1998

(72)Inventor : PARK JEA-GUN
CHO KYOO-CHUL
LEE GON-SUB

(30)Priority

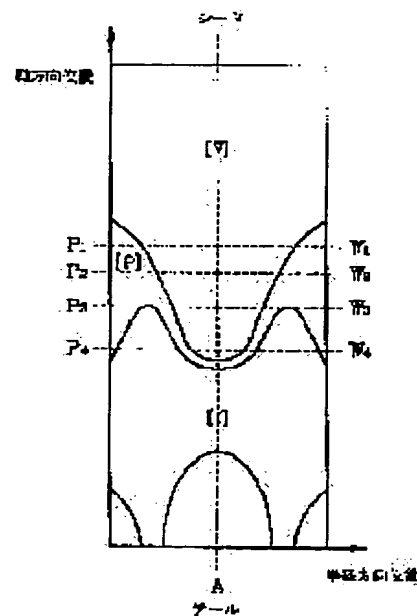
Priority number : 97 9704291	Priority date : 13.02.1997	Priority country : KR
97 9754899	24.10.1997	KR
97 63086	24.10.1997	US
97 989591	12.12.1997	US

(54) PRODUCTION OF SINGLE CRYSTAL SILICON INGOT AND WAFER BY ADJUSTING PULLING UP SPEED PROFILE IN HOT ZONE AND INGOT AND WAFER PRODUCED BY THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for producing a microelectronic element and an apparatus therefor, in detail, a method for producing a silicon ingot and to obtain a silicon ingot and a wafer produced by the method.

SOLUTION: A silicon ingot is produced by pulling up an ingot in an axial direction from a melt in a hot zone furnace by an ingot pulling speed profile which is sufficiently high to prevent an interstitial mass and is sufficiently low to restrict a vacancy mass in a zone rich in vacancy. The ingot thus pulled up is sliced into zones rich in vacancy containing each vacancy mass at the center and plural semi-zero defect wafers having a zero defect zone free from a vacancy mass and an interstitial mass though being positioned between the zone rich in vacancy and the edge part of the wafers.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-1393

(43)公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51)Int.Cl.⁶

C 3 0 B 29/06

15/20

H 0 1 L 21/208

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 29/06

15/20

H 0 1 L 21/208

5 0 2 J

P

審査請求 未請求 請求項の数63 OL (全 29 頁)

(21)出願番号 特願平10-30682

(22)出願日 平成10年(1998) 2月13日

(31)優先権主張番号 9 7 - 4 2 9 1

(32)優先日 1997年 2月13日

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(31)優先権主張番号 9 7 - 5 4 8 9 9

(32)優先日 1997年10月24日

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(31)優先権主張番号 6 0 / 0 6 3 0 8 6

(32)優先日 1997年10月24日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 591028452

サムスン エレクトロニクス カンパニー
リミテッドSAMSUNG ELECTRONICS
COMPANY, LIMITED大韓民国 キュンキード スオン市 パル
ダルーク マエタンードン 416

(72)発明者 ジェア-グン パーク

大韓民国, キュンキードー, スングナム
-シティー, プンタング-グ, グミードン
グ, クンヤング アパートメント 1003-
1901

(74)代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

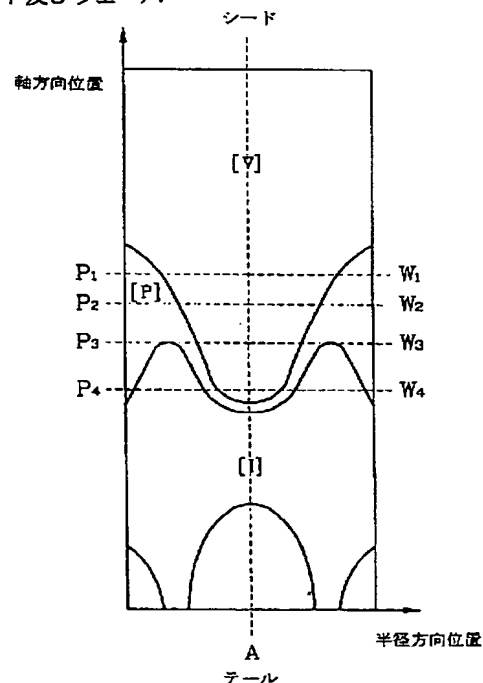
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホットゾーンでの引上速度プロファイルを調節して単結晶シリコンインゴット及びウェーハを製造する方法、それによって製造されるインゴット及びウェーハ

(57)【要約】

【課題】 本発明は、微小電子 (microelectronic) 素子製造方法及び装置に関するもので、より詳しくはシリコンインゴット製造方法及びそれによって製造されたシリコンインゴット及びウェーハに関するものである。

【解決手段】 シリコンインゴットがインタースチシャル固まりを防止できるくらい十分高いが、ペーカンシー固まりをペーカンシー豊富領域内に制限できるくらい十分低いインゴットの引上速度プロファイルで、ホットゾーン炉内の溶融物からインゴットを軸方向に引上させることで製作される。このように引上されたインゴットは各ペーカンシー固まりを含むその中央のペーカンシー豊富領域と、ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に位置しながらペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する複数個のセミ-無欠陥ウェーハにスライシングされる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インタースチシャル固まりを防止することができるように十分高いが、ペーカンシー固まりをインゴットの軸方向に沿ってペーカンシー豊富領域内に制限させることができるように十分に低い引上速度（pull rate）プロファイルでホットゾーン炉内のシリコン溶融物からインゴットを軸方向に引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2】 前記引上段階の以後に、前記引上られたインゴットをペーカンシー固まりを含むその中央のペーカンシー豊富領域と、ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間にペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する複数のセミパーフェクトウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 3】 前記引上段階に先行して、前記インゴットと溶融物との接触面でインタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、温度勾配に対する引上速度の第 1 臨界比を決定する段階と、前記インゴットと溶融物との接触面でペーカンシー固まりを前記インゴットの中央にあるペーカンシー豊富領域内に制限させるために超えない、温度勾配に対する引上速度の第 2 臨界比を決定する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時インゴット内で前記温度勾配に対する引上速度の比が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを決

定する段階とが遂行されることを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたり可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングさせる段階と、最小のペーカンシー豊富領域を有するし、インタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記確認されたウェーハのインゴット内での位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 5】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から該第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわた

り可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 4 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 6】 前記引上速度は一定の範囲の引上速度にわたり線形的（linearly）に可変することを特徴とする請求項 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 7】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、

一定の範囲の引上速度にわたり可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、

前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内で最小のペーカンシー豊富領域を有し、インタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向位置を確認する段階と、

前記確認された少なくとも一つの軸方向位置の引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 8】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から該第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、該第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって変化する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 7 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 9】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項 8 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 10】 前記第 1 臨界比及び第 2 臨界比を決定する段階は、

ボロンコブの理論から前記第 1 及び第 2 臨界比を確認する段階と、

インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

インゴットの引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

前記インゴットが前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロフ

ファイルに対するシミュレーティングされた引上速度から、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを決定する段階とを備えることを特徴とする請求項3に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項11】 前記ウェーハはウェーハの面積を有し、前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも36%であることを特徴とする請求項2に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項12】 前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも60%であることを特徴とする請求項11に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項13】 前記引上段階の以前に、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、最小のベークンシー豊富領域を有しながら、インタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内での前記確認されたウェーハの位置から、前記最小のベークンシー豊富領域を有し、インタースチシャル固まりがない確認されたウェーハに対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファイルを決定する段階とを遂行することを特徴とする請求項1に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項14】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項13に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項15】 前記引上段階の以前に、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内で最小のベークンシー豊富領域を有しながら、インタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向位置を確認

する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内での前記少なくとも一つの軸方向位置から、前記最小のベークンシー豊富領域を有し、インタースチシャル固まりがない前記少なくとも一つの軸方向位置に対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時前記比率を維持する引上速度プロファイルを決定する段階とを遂行することを特徴とする請求項1に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項16】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項15に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項17】 前記引上段階の以前に、インゴットの引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーティングされた引上速度、軸方向温度プロファイルに対するシミュレーティングされた引上速度及びボロンコブ理論から、インタースチシャル固まりを防止しインタースチシャル固まりをインゴットの軸方向に沿ってベークンシー豊富領域内に制限する範囲で半径方向及び軸方向温度勾配に対する引上速度の比率を維持する引上速度プロファイルを決定する段階とを遂行することを特徴とする請求項に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項18】 インタースチシャル固まりを防止することができるくらい十分高いが、ベークンシー固まりを防止できるくらい十分低い、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内の溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項19】 前記引上段階以後に、前記引上られたインゴットをベークンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない複数個の無欠陥ウェーハにスライシングする段階が遂行することを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項20】 前記引上段階に先行して、

インタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比及びベーカンシー固まりを防止するために超えない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比を決定する段階と、

インゴットが前記ホットゾーン炉内でシリコン溶融物から引上される時、温度勾配に対する引上速度の比が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを決する段階とが遂行されることを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 1】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、

一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、

ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、

前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項20に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 2】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度で、前記第2引上速度より高い第3引上速度で引上速度の範囲にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項21に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 3】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項22に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 4】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、

一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、

前記軸方向にスライスされた基準インゴット内でベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向位置を確認する段階と、

前記確認された少なくとも一つの軸方向位置での引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確

認された少なくとも一つの軸方向位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項20に記載のホットゾーンでのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 5】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項24に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 6】 前記引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項25に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 7】 前記第1臨界比及び第2臨界比を決定する段階は、

ボロンコブの理論から前記第1及び第2臨界比を確認する段階と、

インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、インゴットが前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決する段階とを備えることを特徴とする請求項20に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2 8】 前記引上段階に先行して、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に、前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、

ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、

前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内での前記確認されたウェーハの位置から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハに対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、

インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファ

イルを決定する段階とを遂行することを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項29】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項28に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項30】 前記引上段階に先行して、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内でベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内での前記少なくとも一つの軸方向の位置から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記少なくとも一つの軸方向の位置に対してインゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファイルを決する段階とを遂行することを特徴とする請求項1に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項31】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項30に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項32】 前記引上段階に先行して、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記半径温度プロファイルに対するシミュレーティングされた引上速度、軸方向温度プロファイルに対するシミ

ュレーティングされた引上速度及びボロンコブ理論から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりを防止する範囲内で半径及び軸方向温度勾配に対する引上速度の比率を維持する引上速度プロファイルを決する段階とを遂行することを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項33】 ベーカンシー固まりを含むその中央のベーカンシー豊富領域と、インタースチシャル点欠陥を含むが、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記ベーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域を有するセミパーフェクトウェーハを生産する、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内のシリコン溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項34】 前記引上段階以後に、前記引上されたインゴットをベーカンシー固まりを含むその中央のベーカンシー豊富領域と、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記ベーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域を有する複数のウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項33に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項35】 前記引上段階に先行し、インタースチシャル固まりを防止するために維持さなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比を決定する段階と、ベーカンシー固まりを前記インゴットの中央のベーカンシー豊富領域内に制限させるために超えない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比を決定する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時、インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決する段階とが遂行されることを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項36】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、最小のベーカンシー豊富領域を有しながらインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項35に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方

法。

【請求項 37】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項36に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 38】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項37に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 39】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、

前記軸方向にスライスされた基準インゴット内で最小のベークンシー豊富領域を有しインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、

前記確認された少なくとも一つの軸方向位置の引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項35に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 40】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項39に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 41】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項40に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 42】 前記第1臨界比及び第2臨界比を決定する段階は、

ボロンコブの理論から前記第1及び第2臨界比を確認する段階と、

インゴット引上の間に、前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

インゴット引上の間に、前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに

対する引上速度を決定する段階と、

前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、インゴットが前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とを備えることを特徴とする請求項35に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 43】 前記ウェーハはウェーハの面積を有しながら、前記無欠陥領域は前記ウェーハ面積の少なくとも36%であることを特徴とする請求項34に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 44】 前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも60%であることを特徴とする請求項43に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 45】 点欠陥を含むが、インタースチシャル固まり及びベークンシー固まりがないパーフェクトウェーハを生産する、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内のシリコン溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 46】 前記引上段階以後に、前記引上されたインゴットをベークンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない複数の無欠陥ウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項45に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 47】 前記引上段階に先行して、インタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比及びベークンシー固まりを防止するために超えない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比を決定する段階と、

インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時、温度勾配に対する引上速度の比が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とが遂行されることを特徴とする請求項45に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 48】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、

一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、

ベークンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、

10

20

30

40

50

前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項47に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項49】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項48に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項50】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項49に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項51】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、

一定の範囲の引上速度にわたって変化する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、

前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、

前記軸方向にスライスされた基準インゴット内でペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、

前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置の引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項47に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項52】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第2引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項51に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項53】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項52に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項54】 前記第1臨界比及び第2臨界比を決定する段階は、

ボロンコブの理論から前記第1及び第2臨界比を確認する段階と、

インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレ

ティング作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレティング作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

前記半径温度プロファイルに対するシミュレティングされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレティングされた引上速度から、インゴットが前記ホットゾーン内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とを備えることを特徴とする請求項47に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項55】 一つのシリコンインゴットから製造された複数のセミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハとして、前記各セミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハはペーカンシー固まりを含めてその中央に位置するペーカンシー豊富領域と前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に位置しペーカンシー固まりとインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有しながら、前記各ウェーハのペーカンシー豊富領域は同一直径を有することを特徴とする複数のセミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項56】 前記各ウェーハはその上に確認標識がさらに含まれ、前記各ウェーハ上の前記確認標識は各ウェーハが一つのシリコンインゴットから製造されたことを表すことを特徴とする請求項56に記載の複数のセミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項57】 前記各ウェーハは同じウェーハの面積を有し、前記各ウェーハの無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも36%であることを特徴とする請求項55に記載の複数のセミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項58】 前記各ウェーハの無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも60%であることを特徴とする請求項57に記載の複数のセミ-純粋単結晶シリコンウェーハ。

【請求項59】 一つのシリコンインゴットから製造された複数の無欠陥単結晶シリコンウェーハとして、前記各無欠陥単結晶シリコンウェーハはペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないことを特徴とする複数の、無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項60】 前記各ウェーハはその上に確認標識がさらに含まれるし、前記各ウェーハ上の前記確認標識は各ウェーハが一つのシリコンインゴットから製造されたことを表すことを特徴とする請求項59に記載の複数の純粋単結晶シリコンウェーハ。

【請求項61】 密封体と、

前記密封体内の釜と、

前記釜に隣接されており、シャフト軸とシャフト端部を有する前記密封体内の結晶引上シャフトと、前記釜から前記シャフトを軸方向に引上する手段と、前記釜を囲みながら前記密封体内の少なくとも一つのヒーターと、前記釜と結晶引上シャフトの間に設置されその一端に熱保存物質を内蔵するカバーを含む熱遮断体とを備えてなることを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキープーラー。

【請求項 62】 前記熱遮断体は前記釜と結晶引上シャフトの間に設置された円筒型の熱遮断体で、釜に隣接した第1段から釜から離れた第2段に軸方向に延長されており、前記カバーは前記円筒型熱遮断体の第1段にあるものを特徴とする請求項61に記載の単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキープーラー。

【請求項 63】 前記熱保存物質はカーボンフェライトであることを特徴とする請求項62に記載の単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラスキープーラー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は微小電子(microelectronic)素子製造方法及び装置に関するもので、より詳しくはシリコンインゴット製造方法及びそれによって製造されたシリコンインゴット及びウエハに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 集積回路は消費者に広範囲に使用されており、商業的にも広く使用されている。集積回路は一般的に単結晶から製造される。集積回路の集積密度が継続的に増加されることによって集積回路のための高品質の単結晶半導体物質を提供することが重要になってくる。

【0003】 集積回路は典型的に大型単結晶シリコンインゴットの製造、ウェーハへのインゴットスライシング、ウェーハ上での数多くの微小電子素子製造工程の遂行及びパッケージされた個別集積回路へのウェーハの切断によって製造される。

【0004】 シリコンインゴットの純度及び結晶化度はそれから製造される最終集積回路装置の性能に大きい影響を与えるので欠陥の数が減少されたインゴット及びウェーハの製造のための努力が増加されてきた。

【0005】 従来の単結晶シリコンインゴットを製造する一般的方法をこれから説明する。このような方法の概略はウルフとタウバー氏によって1986年作成されたテキストブック"Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1, Process Technology"の1章、1-35ページにあり、これの開始はここで参考資料として使用される。

【0006】 単結晶シリコンの製造で電子級(electronic

c grade)多結晶は単結晶シリコンインゴットに転換される。クォチャイトのような多結晶シリコンは電子級多結晶に精製される。精製された前記電子級多結晶シリコンはチョクラスキー(CZ)法またはフラットゾーン(FZ)技術を使用して単結晶インゴットに成長される。本発明のCZ技術を使用してシリコンインゴットを製造することと関連されるので、以下この技術に関して調べてみる。

【0007】 チョクラスキー成長は、接触面で液状から原子の結晶性の固状化と関連がある。具体的に、釜に電子級多結晶シリコンが充填されこの充填物は溶融される。正確な方向許容値を有するシリコンシード結晶が前記溶融シリコンに下降する。続いて、シード結晶が軸方向に制御された速度で持ち上げられる。前記シード結晶と釜は一般的に引上過程の間にお互い反対方向に回転する。

【0008】 初期引上速度は一般的に相対的に速いので、シリコンの狭いネックが形成される。続いて、溶融温度が減少及び安定化されることによって所望のインゴット直径が形成される。このような直径は一般的に引上速度を制御することにより維持される。引上は充填物が殆ど消尽される時まで続くし、この時テールが(Tail)が形成される。

【0009】 図21はチョクラスキープーラーの概略図である。図21に図示されたように、チョクラスキープーラー100は炉(furnace)、結晶引上メカニズム、環境制御機及びコンピュータ化された制御システムを含む。前記チョクラスキー炉は一般的にホットゾーン炉(hot zone furnace)と呼ばれる。

【0010】 前記ホットゾーン炉は加熱要素102、104、クォーツでできている内部の釜106、黒鉛でできている外部の釜108及び図示されたように第1方向112で回転する回転軸110を含む。熱遮断板114が付加的な熱分配を遂行することができる。

【0011】 前記結晶引上メカニズムは図示されたように第1方向112に反対である第2方向122に回転することができる結晶引上軸120を含む。前記結晶引上軸120はシード結晶124を掴んでいるし、釜106内の溶融された多結晶充填物126からインゴット128を形成するために引上される。

【0012】 前記環境制御システムはチャンバー蓋130、冷却ポート132及び図示されない他の流動制御機及び真空排気システムを含む。コンピュータ化された制御システムは前記加熱要素、プーラー及び他の電氣的、機械的要素を制御するために使用される。

【0013】 単結晶シリコンインゴットを成長させるために、前記シード結晶124は溶融されたシリコン充填物126と接触しながら、次第に軸方向(上側)に引上される。単結晶シリコンへの前記溶融シリコン充填物126の冷却及び固状化はインゴット128と溶融シリコン126の接触面130'で行われる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】実際のシリコンインゴットは欠陥を含むので理想的な単結晶インゴットとは異なる。このような欠陥は集積回路装置を製造するのに望ましくない。このような欠陥は一般的に点欠陥 (point defect) または固まり (agglomerates: 3次元欠陥) で分類される。

【0015】点欠陥はベークンシー点欠陥とインタースチシャル点欠陥という二つの一般的な形態がある。ベークンシー点欠陥では一つのシリコン原子がシリコン結晶格子で正常的な位置の一つから離脱したものである。このようなベークンシーがベークンシー点欠陥になる。一方、原子がシリコン結晶の非格子地点 (インタースチシャルサイト) で発見されるとこれはインタースチシャル点欠陥になる。

【0016】点欠陥は一般的に前記溶融シリコン126と固状シリコン (インゴット) 128の間の接触面130' で形成される。しかし、インゴット128が継続的に引上されることによって接触面であった部分は冷却し始める。冷却の間、ベークンシー点欠陥とインタースチシャル点欠陥の拡散が欠陥をお互い合併してベークンシー固まりまたはインタースチシャル固まりを形成する。固まりは点欠陥の合併に起因して発生する3次元構造である。インタースチシャル固まりはディスロケーション欠陥またはD-ディフェクト (D-defect) と呼ばれたりもする。

【0017】このような固まりは時々このような欠陥を検出するために使用される技術によって銘々されることもある。従って、ベークンシー固まりは時々COP (Crystal Originated Particles)、LST (Laser Scattering Tomography) 欠陥、またはFPD (Flow Pattern Defects) と呼ばれたりもする。インタースチシャル固まりはL/D (Large/Dislocation) 固まりと知られている。単結晶シリコンで欠陥に対する論議はウルフ及びタウバ氏によって前述したテキストブックの2枚に提供されているし、これらも本出願の参考資料として使用する。

【0018】多くのパラメータが欠陥の数が少ない高純度インゴットを成長させるために制御される必要があるということは既に知られている事実である。例えば、シード結晶の引上速度及びホットゾーン構造で温度勾配を制御することがよく知られている。

【0019】ボロンコブの理論でV対Gの比 (V/Gで言及される) がインゴットで点欠陥の濃度を結晶することが分かり、ここでVはインゴットの引上速度で、Gはインゴット-溶融物接触面の温度勾配を表す。ボロンコブの理論はボロンコブ氏が著述した"The Mechanism of Swirl Defects Formation in Silicon" [Journal of Crystal Growth, Vol. 59, 1982, pp.625-643] に詳細に記述されている。

【0020】ボロンコブ理論の適用は1996年11月25日から29日の間開かれたシリコン物質に対する向上された科

学技術に関する第2次国際シンポジウム (Second International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Material) で本出願の発明者が発表した論文 "Effect of Crystal Defects on Device Characteristics" の519ページに載っている。

【0021】論文の図15で、本出願の図22に再生された、V/Gの関数としてベークンシー及びインタースチシャル濃度を図式的に表現した。ボロンコブの理論はウェーハでベークンシー/インタースチシャル混合の発生はV/Gによって決定されることを説明している。より詳しくは、V/G比が臨界点以上ではベークンシー豊富インゴットが形成される反面、V/G比が臨界点以下ではインタースチシャル-豊富インゴットが形成される。

【0022】物理学者、材料科学者及び他の多くの人々によって数多くの理論的な研究や、チョクラルスキー製作者らによるたくさんの経験的な研究にもかかわらず単結晶シリコンウェーハで欠陥密度を減らすための必要性は継続されている。結局究極的な要望はベークンシー及びインタースチシャル固まりがない無欠陥シリコンウェーハに對することである。

【0023】本発明の目的は、インタースチシャル固まりを防止する程度に十分に高いがベークンシー固まりをインゴットの軸方向に沿ってベークンシー豊富領域に制限できる程度に十分に低いインゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内の溶融物からインゴットを軸方向に引上させることで形成されるホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法を提供することにある。

【0024】このようにして引上られた前記インゴットは各ベークンシー固まりを含むその中央のベークンシー豊富領域と前記ベークンシー豊富領域とウェーハの縁部位の間に位置してベークンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する複数のセミ-無欠陥ウェーハにスライシングされる。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明は点欠陥の濃度が一定である臨界濃度を超える場合にのみ点欠陥から固まりが形成されることができるとことを実現化したことから由来する。点欠陥濃度 (ベークンシーまたはインタースチシャル) がこのような臨界濃度以下に維持することができるのであれば、インゴットが引上される時、固まりが形成されることはできない。

【0026】点欠陥濃度を臨界点欠陥濃度以下に維持するためにインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率 (V/G) は、(1) インタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならないインゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比以上、(2) ベークンシー固まりをインゴットの中央にあるベークンシー豊富領域内に制限するために超えないインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比以下に制限される。

【0027】従って、前記引上速度プロファイルはインゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上、前記第2臨界比以下に維持されるように調節される。

【0028】本発明の他の手段によると、インタースチシャル固まりを防止することができる程度に十分高いが、ペーカンシー固まりを防止することができる程度に十分低いインゴットの引上速度プロファイルでインゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される。

【0029】従って、このようなインゴットがウェーハにスライシングされると、前記ウェーハは、点欠陥は含むがペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥 (pure) シリコンウェーハになる。

【0030】本発明の前記の手段によると、V/G比がより狭い範囲内に制限されると、点 (point) インタースチシャル濃度や点ペーカンシー濃度全てが固まりを形成する臨界点欠陥濃度以下に維持できるように決定される。

【0031】無欠陥シリコンを形成するために、インタースチシャル固まりを防止するために維持されるインゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比が決定される。

【0032】ペーカンシー固まりを防止するために超えない、インゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比も決定される。続いて、インゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上、前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルが決定される。

【0033】インゴット-溶融物の接触面で温度勾配に対する引上速度の比率が前記二つの臨界比の間で維持されるようにするためには半径方向 (radial) 温度勾配及び軸方向 (axial) 温度勾配が考慮される。半径方向でウェーハを横切る温度勾配は縁部と比較してウェーハの中央部が経験する他の熱的環境によって一般的に多様である。

【0034】より詳しくは、温度勾配は一般的に熱的特性によってウェーハの中央に比べウェーハの縁部分でより高い。引上速度はウェーハを横切って常に一定である。従って、V/Gの比は一般的に半径方向でウェーハの中央から縁部位に行くことにより減少する。前記引上速度及びホットゾーン炉はV/G比がウェーハの中央からウェーハの縁部分の拡散距離以内まで固まりを誘発する臨界点欠陥濃度以下に、即ち前記第1及び第2臨界比の間で維持されるように設計する。

【0035】類似な考慮を軸方向に対して適用する。軸方向では温度勾配が一般的にインゴットの増加された熱量 (thermal mass) に起因してインゴットがより多く

引上されると減少する。従って、インゴットが引上されるとき、引上速度は一般的に前記第1及び第2臨界比の間でV/Gの比が維持されるように減少されなければならない。

【0036】従って、V/Gを二つの臨界比の間で維持されるように引上速度を制御することでその中央にペーカンシー豊富領域を有しながら前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に無欠陥領域を有するセミ-無欠陥ウェーハが形成されることができる。前記ペーカンシー豊富領域は固まり欠陥のみではなく、ペーカンシー点欠陥も含むことができるし、前記無欠陥領域はペーカンシー固まりまたはインタースチシャル固まりのどちらも含まない。選択的にそして望ましくは点欠陥は含まれるが、ペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥ウェーハが形成されることができる。

【0037】前記第1及び第2臨界比は実験的にまたはシミュレーションによって決定される。前記臨界比は基準インゴットをウェーハにスライシングすることで、または基準インゴットを軸方向にスライシングすることで実験的に決定することができる。実験及びシミュレーション技術を結合的に使用することもできる。

【0038】特に、前記第1及び第2臨界比は基準インゴットを引上速度の一定の範囲にわたって可変させた引上速度でホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上させることで実験的に決定できる。

【0039】続いて、前記インゴットはウェーハにスライシングされる。セミ-無欠陥 (semi-pure) ウェーハに対しては設定された大きさのペーカンシー豊富領域を有しながらインタースチシャル固まりがないウェーハが確認される。望ましくは最小のペーカンシー豊富領域を有しながらまたインタースチシャル固まりがないウェーハが確認される。セミ-無欠陥シリコンのための前記第1及び第2臨界比は前記確認されたウェーハの引上速度及びインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から計算される。

【0040】無欠陥シリコンウェーハに対する前記第1及び第2臨界比を決定するためには基準インゴットが引上され、ウェーハにスライシングされた後、ペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハが確認される。無欠陥シリコンのための前記第1及び第2臨界比は前記確認されたウェーハの引上速度及びインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から計算される。

【0041】前記基準インゴットは望ましくは、第1引上速度から前記第1引上速度より小さい第2引上速度に、前記第1引上速度より小さいかまたは高いし、前記第2引上速度より高い第3引上速度に至る引上速度の範囲に渡って可変する引上速度で引上される。

【0042】前記第1、第2及び第3引上速度は望ましくはインゴットの好ましい直径と予想されるV/G比に依存

する。望ましくは引上速度での線形的な変化が前記第1及び第2臨界比が決定されるように使用される。

【0043】他の実験技術では、基準インゴットが一定の範囲の引上速度に渡って可変する引上速度でホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される。続いて前記基準インゴットは軸方向にスライシングされる。

【0044】セミ-無欠陥ウェーハのために前記軸方向にスライシングされた基準インゴットで最小のペーカンシー豊富領域を有しながらインタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向の位置が確認される。

【0045】前記セミ-無欠陥シリコンのための前記第1及び第2臨界比は前記軸方向にスライシングされたインゴット内で前記確認された軸方向位置に対応する引上速度から計算される。

【0046】パーフェクトシリコンを形成するために軸方向にスライシングされた基準インゴット内でインタースチシャル及びペーカンシー固まりがない少なくとも一つの軸方向の位置が確認される。無欠陥シリコンのための前記第1及び第2臨界比は前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置と前記軸方向にスライシングされたインゴット内で前記確認された軸方向位置の地点から計算される。

【0047】前記第1及び第2臨界比はまたシミュレーションを使用して理論的に決定することもできる。特に、前記第1及び第2臨界比はボロンコブの理論から確認されることもあり得る。半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度はインゴット引上の間に特定のホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって決定されることもあり得る。

【0048】軸方向温度プロファイルに対する引上速度はインゴット引上の間にホットゾーン炉のシミュレーティング作動によって決定され得る。インゴットで温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上、第2臨界比以下で維持される引上速度プロファイルが前記半径方向温度勾配プロファイルに対するシミュレーティングされた引上速度及び軸方向温度勾配プロファイルに対する前記シミュレーティングされた引上速度から決定され得る。

【0049】また、無欠陥シリコンのための前記第1及び第2臨界比が二つの段階の過程で確認されることができるといことも分かる。まず、セミ-無欠陥シリコンのための第1及び第2臨界比は、実験的及び/または理論的に決定され得る。次に、ホットゾーン構造が前記第1及び第2臨界比が実験的及び/または理論的に決定される時まで修正されることが可能である。

【0050】本発明は一つのシリコンインゴットから製造される複数のセミ-無欠陥単結晶シリコンウェーハを提供することができる。前記セミ-無欠陥シリコンウェーハのそれぞれはペーカンシー固まりを含む中央に形成されたペーカンシー豊富領域と前記ペーカンシー豊富

領域とウェーハの縁部分の間でペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する。

【0051】前記各ウェーハのペーカンシー豊富領域は本質的に同一直径を有する。望ましくは、前記無欠陥領域は少なくともウェーハ面積の36%で、より望ましくは少なくともウェーハ面積の60%になる。

【0052】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施形態例を添付した図面を参照に詳しく説明する。一方、本発明は多くの他の形態に具現され得るし、以下で言及された実施形態例に限定されることではない。

【0053】まず本発明の要約を述べると、本発明は、シリコンインゴットがインタースチシャル固まりを防止できるくらい十分高いが、ペーカンシー固まりをペーカンシー豊富領域内に制限できるくらい十分低いインゴットの引上速度プロファイルで、ホットゾーン炉内の溶融物からインゴットを軸方向に引上させることで製作される。このように引上られたインゴットは各ペーカンシー固まりを含むその中央のペーカンシー豊富領域と、ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に位置しながらペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する複数のセミ-無欠陥ウェーハにスライシングされる。本発明の他の形態によると、インタースチシャル固まりを防止することができるくらい十分高いがペーカンシー固まりを防止することができるくらい十分低いインゴットの引上速度のプロファイルでインゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される。

【0054】従って、このようなインゴットがウェーハにスライシングされるとウェーハは、点欠陥は含むがペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥 (pure) シリコンウェーハになる。

【0055】概観：ペーカンシー豊富及びパーフェクトウェーハ>図1乃至図2を参照して、(1)その中央に形成されるしペーカンシー固まりを含むペーカンシー豊富領域及び(2)前記ペーカンシー豊富領域と前記ウェーハの縁部分の間に位置してペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域 (pure region) を有するセミ-無欠陥ウェーハの製造に対する概観を説明する。

【0056】図1で示されるように、このようなペーカンシー豊富ウェーハの製造はボロンコブ (Voronkov) の理論から始まる。

【0057】ボロンコブの理論は図1に図式的に表示されている。縁部分Eから始まって、中央Cで終わる線で見ると、インゴット溶融物の表面で温度勾配に対する引上速度の比が、V/Gで表現される「ポイントa」に表示された縁部分Eからの拡散距離での (V/G)₁ より大きく、中央Cでの (V/G)₂ より小さく維持されるのであれば、その中央にペーカンシー豊富領域及び前記ペーカン

シー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域を有するセミ-無欠陥ウェーハが製造されることができるといことが本発明によって明らかになった。

【0058】特に、V/Gはインゴットでウェーハを横切る半径方向に変化するし、一般的にウェーハの中央と縁部分での他の熱的特性に起因してウェーハの中央から縁部分に進むことにより減少する。従って、備えられたウェーハは図1で見えるようにその中央(C)から縁部分(E)に至るまでの半径方向V/G範囲を有する。

【0059】シリコンインゴット及びウェーハの製造での最大の関心はウェーハでペーカンシーまたはインタースチシャルの固まり(agglomerates)の形成にある。固まりは溶融物からインゴットの製作初期の間に形成される点欠陥の合併に起因して形成されることが知られている。

【0060】前記点欠陥濃度は一般的に前記シリコンインゴットとシリコン溶融物の間の接触面での条件によって決定される。続いて、インゴットがさらに引上られることによって拡散及び冷却が固まりを形成するための点欠陥の合併を決定する。

【0061】図2で分かるように、本発明によると、各点欠陥がその以下で固まりに合併されない臨界ペーカンシー点欠陥濃度 [V] * 及び臨界インタースチシャル点欠陥濃度 [I] * が存在することが分かった。

【0062】本発明によると、点欠陥の濃度がウェーハの周辺領域でこのような臨界濃度以下に維持されるのであれば、ペーカンシー豊富領域がウェーハの中央に形成され、ウェーハの縁部分と前記ペーカンシー豊富領域の間に無欠陥領域が形成されることが明らかになった。

【0063】従って、図2で分かるように、ペーカンシー濃度はその中央C付近を除外してウェーハを横切って臨界ペーカンシー濃度 [V] * 以下に維持される。従って、図3で分かるようにペーカンシー豊富領域 [V] がその中央に形成され、ペーカンシー豊富領域 [V] 外枠からウェーハの縁部分の領域はペーカンシー固まりがないし、[P] 表示する(無欠陥またはパーフェクト)。

【0064】インタースチシャルに対して再び図2を参照すると、インタースチシャル濃度はウェーハの中央からポイントaに対応するウェーハの縁部分Eから拡散距離 L_i に至るまで前記臨界インタースチシャル濃度 [I] * 以下に維持される。

【0065】ウェーハの拡散距離 L_i と縁部分Eの間で、たとえ前記インタースチシャル濃度が初期にインゴット-溶融物の接触面で前記臨界濃度 [I] * 以上であれば、拡散によってインタースチシャルペーカンシーはインゴットから拡散されていくし結晶成長の間に固まりを形成しない。

【0066】従って、図3で分かるようにその中央にペーカンシー豊富領域 [V] と縁部分と前記ペーカンシー豊富領域の間にパーフェクト領域 [P] が形成される。

望ましくは前記無欠陥領域 [P] は少なくともウェーハの面積の36%、より望ましくは少なくともウェーハ面積の60%になる。

【0067】図3でのウェーハを形成するためにV/Gはポイントaで (V/G) ₁ より大きいし、中央Cで (V/G) ₂ と同じかより少なくなるように維持されなければならない。V/Gの比率を前記二つの臨界値の間で維持されるようにするためには二つの熱的考慮をしなければならない。はじめに、ウェーハの中央Cからウェーハの拡散距離 a_i に至る半径方向温度勾配Gがこのような値内に維持されなければならない。

【0068】従って、中央でのV/Gはペーカンシー固まりをペーカンシー豊富領域内に抑制するために (V/G) ₂ に近接しなければならない。さらに、縁部分からの拡散距離 L_i でのV/Gはインタースチシャル固まりを防止するために (V/G) ₁ より大きく維持されなければならない。従って、炉のホットゾーンはウェーハの中央からウェーハの拡散距離に至るまでV/Gが (V/G) ₂ と (V/G) ₁ の間で維持されるように、Gの変化が維持されなければならない。

【0069】その次は、Gがウェーハがシード(seed)から始まって、テール(tail)で終わるまで溶融物から引上されることによって軸方向に変化されるということである。特に、インゴットの増加する熱的質量、溶融物の減少する熱的質量及び他の熱的考慮は一般的にインゴットが溶融物から引上られるときGを減少させる。従って、V/Gを前記第1及び第2臨界比の間に維持させるためには引上速度プロファイルはインゴットがホットゾーン炉内でのシリコン溶融物から引上られることによって調整される。

【0070】インゴットが引上られることによってV/Gを制御することによって、ペーカンシー固まりは図4で分かるようにインゴットの軸Aに近接するペーカンシー豊富領域 [V] に制限することができる。インタースチシャル固まりは形成されないし、ペーカンシー豊富領域 [V] の外側のインゴット領域は無欠陥またはパーフェクトを表す [P] 表示される。

【0071】また、図4で示されるように、これはペーカンシー固まりを含むし、その中央に位置するペーカンシー豊富領域 [V] とペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないし、ウェーハの縁部分と前記ペーカンシー豊富領域の間に位置する無欠陥領域を有する複数のセミ-無欠陥ウェーハを生産する前記ペーカンシー豊富領域の直径は各ウェーハで同一である。単一インゴットから形成された前記複数のウェーハに対する確認は、一般的に全てのウェーハ上に表示されるアルファニュメリック(alphanumeric)コードである図4で表示された「ID」であるID数で把握されることができ。このような18個の記号は単一インゴットから出る全てのウェーハを確認することができる。

【0072】図5はV/Gをインゴットが溶融物から引上される時、前記二つの臨界比の間で維持されるように使用される引上速度プロファイルを表す。一般的にGはインゴットが溶融物から引上されることによって減少されるし、引上速度VはまたV/Gが前記二つの臨界比の間で維持されるように減少する。予想される工程変数を許容するために望ましくは、V/Gは前記第1及び第2臨界比の間の中間に維持される。従って、望ましくは工程変数を許容するために境界領域が維持される。

【0073】＜概観：無欠陥シリコンウェーハ＞図6乃至図10は図1乃至図5に対応するし、無欠陥シリコンインゴット及びウェーハを形成するための引上速度プロファイルの制御を示す。図6で分かるように、V/Gがウェーハの中央Cとウェーハの縁部分Eからの拡散距離aの間でより近接する許容値内で維持されるのであれば、インタースチシャル固まりだけではなくペーカンシー固まりの形成はウェーハ全体に渡って防止される。

【0074】従って、図7で分かるようにウェーハの中央（インゴットの軸A）でV/Gの比はペーカンシー固まりを形成する前記臨界比（V/G）₂より低く維持される。

【0075】類似に、V/Gはインタースチシャル固まりを形成する前記臨界比（V/G）₁以上に維持される。従って、図8の無欠陥シリコン [P] はインタースチシャル固まり及びペーカンシー固まりがなく形成される。前記無欠陥インゴットは図9で分かるように一連の無欠陥ウェーハを形成する。無欠陥シリコンのための引上速度プロファイルが図10に表れる。

【0076】＜引上速度プロファイルの決定＞本発明によると、その中央にペーカンシー豊富領域と、ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に無欠陥領域を有するセミ-無欠陥ウェーハを形成するためには、インゴットがホットゾーン内のシリコン溶融物から引上されるとき、インゴット内での温度勾配に対する引上速度の比が第1臨界比以上、第2臨界比以下に維持されるように引上速度プロファイル（図5）が決定される。

【0077】類似に、点欠陥は含まれるが、ペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥シリコンを形成するためには、インゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時温度勾配に対する引上速度の比が第1臨界比以上、第2臨界比以下に維持されるように引上速度プロファイル（図10）が決定される。前記引上速度プロファイルに対する決定を以下で説明する。

【0078】前記引上速度のプロファイルはシミュレーションによって理論的に、実験的に基準インゴットを軸方向にスライシングすることで、実験的に基準インゴットをウェーハにスライシングすることで、またはこれらの技術の結合によって決定され得る。

【0079】さらに、無欠陥シリコンのための引上速度プロファイルは先ずセミ-無欠陥シリコンのための引上

速度プロファイルを決定し、続いて無欠陥シリコンのための引上速度プロファイルを得るためにホットゾーンの構造を変更することで決定することができる。このような技術を以下で説明する。

【0080】＜シミュレーションによる引上速度プロファイル＞図11を参照すると、シミュレーションによる引上速度プロファイルの理論的な決定に対して以下で説明する。図11で分かるように、常用化されたシミュレーションソフトウェアがブロック502でV/Gでの半径変化（ $\Delta(V/G)$ に言及される）をシミュレーションするために使用される。

【0081】続いて、ブロック504で中央から縁部分からの拡散距離L₁に至るV/Gでの変化がセミ-無欠陥ウェーハまたは無欠陥ウェーハを形成するための基準を満足させるくらい十分小さいかに関して決定が行われる。

【0082】特に、図3に示されるペーカンシー豊富領域を有するシリコンのためには前記 $\Delta(V/G)$ はウェーハの半径dと半径aの間の全ての領域に対して（V/G）₁及び（V/G）₂の間になければならない。言い換えると、インタースチシャル点欠陥濃度は中央Cとaの間のウェーハの半径に対して [I] *より小さくしなければならないし、ペーカンシー点欠陥濃度はdより大きいウェーハの半径に対して [V] *より小さくなければならない。

【0083】類似に、図6～図10で分かるように無欠陥シリコンを形成するためには、前記 $\Delta(V/G)$ が中央Cから拡散距離aに至る半径に対して [V] が臨界濃度

[V] *以下に維持され、[I] が臨界濃度 [I] *以下に維持されるようにするために（V/G）₂ - （V/G）₁と同じか小さくなければならない。

【0084】図11に対する説明を続けると、ブロック504で、もしブロック502で決定されるV/Gでの半径変化がセミ-無欠陥または無欠陥ウェーハ（図4及び図9）のための条件を満足させるくらい十分大きいのであれば、前記ホットゾーンは前記勾配が望む条件を満足させるくらい十分小さい時までブロック506で修正されて再びシミュレートされる。

【0085】特に、図15で示されるように前記ホットゾーンは熱遮断板114に蓋914を追加することで、そして前記蓋914と熱遮断板114の間の空間をカーボンフェライト（carbon ferrite）のような熱保存物質916で充填することで修正され得る。他のホットゾーンの変更が必要であれば、温度勾配を減少させるために行われることができる。

【0086】再び図11を参照すると、V/Gの軸方向変化のシミュレーションがブロック508でインゴットが引上されることによって $\Delta(V/G)$ の変化を決定するために遂行される。また、ブロック510で前記変化がウェーハが成長されることによって望む特性を維持するのに十分少ないかの有無に関してテストが行われる。そうでなければホットゾーンがブロック506で修正される。

【0087】続いて、ブロック512で引上速度プロファイルが図5または図10で示されるように臨界V/Gを維持するために決定される。続いて、インゴットがブロック514で前記引上速度に製造される。望ましくは引上速度プロファイルが典型的な工程変数らを補償することができる境界領域を維持できるように前記臨界比の間でV/Gが維持されるようにブロック512で使用される。

【0088】<軸方向スライシングによる引上速度プロファイル>図12を参照すると、軸方向スライシングを使用した引上速度プロファイルに対する実験的決定をこれから説明する。図12で示されるように、基準インゴットがブロック602で多様な引上速度に引上される。望ましい引上速度プロファイルを決定するために一定の引上速度の範囲が図16で示されるように使用される。

【0089】図16で示されるように、前記引上速度は1.2mm/minのような高引上速度(a)から0.5mm/minの低引上速度(c)及び再び高引上速度に調整される。前記低引上速度は0.4mm/minまたはそれ以下であることもあり得る。引上速度(b)及び(d)での変化は線形的なものが望ましい。図17及び図18で示される断面積を有するインゴットが製造されることもできる。

【0090】図17及び図18はインゴット内でベーカンシー豊富領域[V]、インタースチシャル-豊富領域[I]及びパーフェクト領域[P]をそれぞれ示す。このような領域は図17及び図18の線によって示されない多様な濃度の固まりを有することができるということは当業者にとって容易に理解されることである。

【0091】再び、図12に戻って、インゴットがブロック604で軸方向にスライシングされる。従って、図17を参照すると、セミ-無欠陥シリコンに対してインゴットが軸方向にスライシングされ、固まりの濃度がコパーデコレーション(copperdecoration)、セコエッチング(secco-etching)、XRT(X-Ray Topography)分析、ライフタイム(lifetime)測定または他の一般的な技術のような従来の技術を使用して軸方向スライシング内で測定される。

【0092】望ましくは、XRT分析、ライフタイム測定がインゴットが軸方向に切断され、ミラー(mirror)エッチングされた後、窒素雰囲気下で800℃で4時間、1000℃で16時間アナーリングされた後測定される。

【0093】図17で示されるように軸方向位置P₁は、大きなベーカンシー豊富領域及び相対的に少ないパーフェクト領域を有する。軸方向位置P₂は小さいベーカンシー豊富領域及びより大きいパーフェクト領域を有するのである。軸方向位置P₃はできるだけ非常に小さいベーカンシー豊富領域及びインタースチシャル固まり-豊富領域の導入なくできるだけ非常に大きいパーフェクト領域を有する。

【0094】軸方向位置P₄はより小さいベーカンシー豊富領域を有するが、好ましくない大きいインタースチ

シャル-豊富領域を有する。従って、ブロック608で、前記V/Gは図17のインゴットの軸方向位置に根拠した軸方向位置P₃に対して決定される。ブロック610でV/Gを満足させる引上速度プロファイルがウェーハが引上されることによって前記P₃位置に対して決定され、続いてインゴットが製造される。

【0095】前記軸方向位置P₃は工程変数がインタースチシャル領域の成長を誘発させるので実際生産時には使用できないということは当業者であれば十分に理解することができる。従って、位置P₂とP₃の間の軸方向位置が工程変数にもかかわらずインタースチシャル固まりの導入なく受容できる小さいベーカンシー豊富領域が含まれるように選択され得る。

【0096】軸方向インゴットスライシングが無欠陥シリコンのために設計されたホットゾーンで引上されたインゴットに対してまた遂行されることもできる。このようなインゴットが図18に示されている。図17と同じくベーカンシー豊富領域[V]、インタースチシャル-豊富領域[I]及びパーフェクト領域[P]が示される。

【0097】図18で示されるように、軸方向位置P₅乃至P₁₀は図17と関連して説明されたものと類似に中央にベーカンシー豊富領域を含む。位置P₇及びP₁₀はインタースチシャル-豊富リング及び中央のパーフェクト領域を含む。

【0098】しかし、位置P₆及びP₉は中央にベーカンシーがないし縁部分にインタースチシャルがないので全てパーフェクト領域である。従って、ブロック606で位置P₆及びP₉に対応する軸方向位置が選定され、ブロック608でこのような軸方向位置に対するV/Gが決定される。

【0099】このようなV/Gを維持するための引上速度のプロファイルがブロック610で決定されるし、インゴットがブロック612で製造される。位置P₆及びP₉に隣接した軸方向位置の範囲が無欠陥シリコンを製造するために選定されることもできる。従って、実質的なV/Gがいまだに無欠陥シリコンの特性を維持する工程変数を許容することができるように選択され得る。

【0100】<ウェーハ確認化による引上速度のプロファイル>図13を参照すると、ウェーハの確認化による引上速度プロファイルに対する実験的な決定をこれから説明する。図13で示されるように、基準インゴットがブロック702で多様な引上速度に引上される。好ましい引上速度のプロファイルを決定するために一定の引上速度の範囲が図16で示されるように使用される。

【0101】例えば、前記引上速度は1.2mm/minのような高引上速度(a)から0.5mm/minの低引上速度(c)及び再び高引上速度に調整される。前記低引上速度は0.4mm/minまたはその以下である可能性もある。引上速度(b)及び(d)での変化は線形的なことが望ましい。図17及び図18で示される断面積を有するインゴットが製造され得る。

10

20

30

40

50

【0102】図13に戻って、前記インゴットはブロック704で半径方向にスライシングされ複数個のウェーハになる。従って、図17を参照すると、セミ-無欠陥シリコンに対して前記インゴットがスライシングされ見本ウェーハ W_1 乃至 W_4 を提供するようになる。

【0103】続いて、固まりの濃度がコパデコレーション (copper decoration)、セコエッチング (secco-etching)、ライフタイム (lifetime) 測定または他の一般的な技術のような従来の技術を使用して前記ウェーハ内で測定される。

【0104】図17で示されるように、ウェーハ W_1 は大きいペーカンシー豊富領域及び相対的に少ないパーフェクト領域を有する。

【0105】ウェーハ W_2 は小さいペーカンシー豊富領域及びより大きいパーフェクト領域を有する。ウェーハ W_3 はできるだけ非常に小さいペーカンシー豊富領域、及びインタースチシャル固まり-豊富領域の導入なく非常に大きいパーフェクト領域を有することである。

【0106】ウェーハ W_4 はとても小さいペーカンシー豊富領域を有するが、望ましくない大きいインタースチシャル豊富領域を有する。従って、ブロック708で、V/Gは図17のインゴットの軸方向の位置に根拠したウェーハ W_3 に対して決定される。ブロック710で引上速度のプロファイルがウェーハが引上されることによって前記ウェーハ W_3 に対して決定され、続いてインゴットが製造される。

【0107】前記ウェーハ W_3 の軸方向の位置が工程変数がインタースチシャル領域の成長を誘発させるので実際の生産時には使用されることができないということは当業者であれば十分に理解することができる。従って、ウェーハ W_2 と W_3 の間のウェーハの軸方向の位置が工程変数にもかかわらずインタースチシャル固まりの導入なしに、受容できる小さなペーカンシー豊富領域が含まれるように選択することができる。

ウェーハのスライシングがパーフェクトシリコンのために設計されたホットゾーンで引上されたインゴットに対してまた行われることも可能である。そのようなインゴットが図18に表れている。図17のようにペーカンシー豊富領域 [V]、インタースチシャル-豊富領域

[I] 及びパーフェクト領域 [P] が表れる。

【0108】図18で分かるように、複数個のウェーハ W_5 乃至 W_{10} は図17と関連して説明されたものと類似に中央にペーカンシー豊富領域を含む。ウェーハ W_7 及び W_8 はインタースチシャル-豊富リング及び中央のパーフェクト領域を含む。しかし、ウェーハ W_6 及び W_9 は中央にペーカンシーがないし、縁部分にインタースチシャルがないので全てパーフェクト領域である。

【0109】従って、ブロック706でウェーハ W_6 及び W_9 に対応する軸方向の位置が選定され、ブロック708でこのような軸方向位置に対するV/Gが決定される。このようなV/

Gを維持するための引上速度のプロファイルがブロック710で決定されるし、インゴットがブロック712で製造される。

【0110】ウェーハ W_6 及び W_9 に隣接したウェーハの位置の範囲が無欠陥シリコンを製造するために選択されることは当業者にとって容易に理解されることである。従って、実質的なV/Gが継続して無欠陥シリコンの特性を維持する工程変数を許容することができるよう選択される。

10 【0111】<実験的及びシミュレーション技術による引上速度プロファイル>図14を参照すると、シミュレーション、軸スライシング及びウェーハの確認化の結合が本発明によってインゴット製造のために使用され得る。図14のブロック802で示されたようにシミュレーションが引上速度の範囲を決定することに使用され得る。ブロック804で複数個の基準インゴットが成長され得る。

【0112】前記インゴットの一部はブロック806で軸方向にスライシングされ、一部はブロック808でウェーハにスライシングされる。最適のV/Gがブロック814で軸方向のスライシング、ウェーハの確認化及びシミュレーションの結果の相関関係から決定される。続いて、ブロック812で引上速度プロファイルが決定され、インゴットがブロック814で製造される。このような過程が無欠陥シリコンを得るために2度遂行されることができし、前記ホットゾーンはセミ-無欠陥シリコンを得た後必要であれば修正され得る。

30 実際の引上速度プロファイルは望むインゴットの直径、使用される特定のホットゾーン炉及びシリコン溶融物の品質等を含めてこれに限定されない多くの変数に依存する。

【0113】図19及び図20はシミュレーションと実験的な技術 (図14) の結合を利用して決定された引上速度のプロファイルを示す。図19は12cmの直径のペーカンシー豊富領域を形成し、64%の無欠陥シリコン領域を提供するために100cmの長さで200mm直径を有するインゴットを成長させるための引上速度プロファイルを示す。

40 【0114】三菱マテリアルイクノ (Mitsubishi Material Ikuno) によって製作されたモデル名Q41のホットゾーン炉が使用された。図20は図17の修正されたホットゾーンが使用されたことを除外しては図19のようなインゴットパラメータを使用して無欠陥シリコンを成長させるための引上速度のプロファイルを示す。

【0115】以上で本発明は記載された具体例に対してのみ詳細に説明されたが、本発明の技術思想範囲内で多様な変形及び修正が可能であることは当業者にとって明白なことであり、このような変形及び修正が添付された特許請求範囲に属することは当然なことである。

【0116】

50 【発明の効果】従って、前記V/G比がより細密に制御さ

れるのであれば、本発明は一つのシリコンインゴットから製造された複数の無欠陥単結晶シリコンウェーハを生産することができるし、前記各無欠陥シリコンウェーハにはペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりが存在しない。

【0117】すなわち、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の比を上部下部の境界の間に維持させることで固まりの欠陥がウェーハの中央のペーカンシー豊富領域に抑制され得るし、または除去されて無欠陥シリコンウェーハを生産することもできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】その中央にペーカンシー豊富領域(vacancy-rich region)と、前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域(pure region)を有するウェーハの製造を概略的に示す説明図である。

【図2】その中央にペーカンシー豊富領域(vacancy-rich region)と、前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域(pure region)を有するウェーハの製造を概略的に示す説明図である。

【図3】その中央にペーカンシー豊富領域(vacancy-rich region)と、前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域(pure region)を有するウェーハの製造を概略的に示す説明図である。

【図4】その中央にペーカンシー豊富領域(vacancy-rich region)と、前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域(pure region)を有するウェーハの製造を概略的に示す説明図である。

【図5】その中央にペーカンシー豊富領域(vacancy-rich region)と、前記ペーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域(pure region)を有するウェーハの製造を概略的に示す説明図である。

【図6】固まり(agglomerates)がないウェーハの製造を概略的に示した説明図である。

【図7】固まり(agglomerates)がないウェーハの製造を概略的に示した説明図である。

【図8】固まり(agglomerates)がないウェーハの製造を概略的に示した説明図である。

【図9】固まり(agglomerates)がないウェーハの製造を概略的に示した説明図である。

【図10】固まり(agglomerates)がないウェーハの製造を概略的に示した説明図である。

【図11】本発明によるシミュレーションによる引上速度プロファイルの理論的な決定過程を示したフローチャートである。

【図12】本発明による軸方向スライシング(axial slicing)による引上速度プロファイルの実験的決定過程を示したフローチャートである。

【図13】本発明によるウェーハの確認化(identification)による引上速度プロファイルの実験的な決定過程を示したフローチャートである。

【図14】本発明によるインゴットを製造するためのシミュレーション、軸方向スライシング及びウェーハ確認化の結合を示したフローチャートである。

【図15】パーフェクトシリコンを形成するための本発明による改良されたチョクラルスキープーラーの概略図である。

【図16】本発明による望ましい引上速度プロファイルを設定するための引上速度の変化を示す特性図である。

【図17】本発明による第1基準インゴットのペーカンシー豊富領域、インタースチシャル-豊富(interstitial rich)領域及びパーフェクト領域を示すX線トポグラフィの概略図である。

【図18】本発明による第2基準インゴットのペーカンシー豊富領域、インタースチシャル-豊富(interstitial rich)領域及びパーフェクト領域を示すX線トポグラフィの概略図である。

【図19】本発明によるペーカンシー豊富ウェーハ及びパーフェクトウェーハをそれぞれ成長させるための引上速度プロファイルを図式的に示した特性図である。

【図20】本発明によるペーカンシー豊富ウェーハ及びパーフェクトウェーハをそれぞれ成長させるための引上速度プロファイルを図式的に示した特性図である。

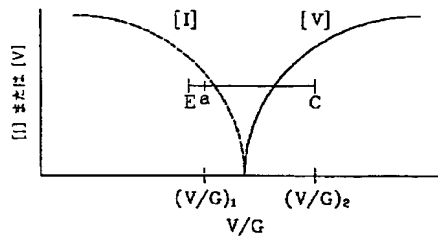
【図21】単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキープーラー(puller)を示す概略構成図である。

【図22】ボロニコフ(Voronkov)理論を図式化した説明図である。

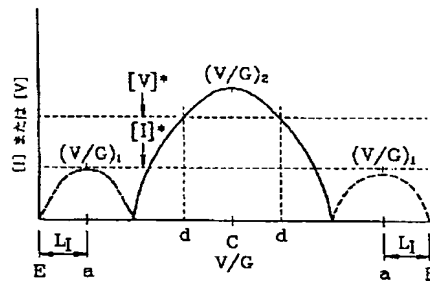
【符号の説明】

1 0 0 … チョクラルスキープーラー
1 0 2 … 加熱要素
1 0 4 … 加熱要素
1 0 6 … 内部釜
1 1 0 … 回転軸
1 1 2 … 第1方向
1 1 4 … 熱遮断板
1 2 0 … 結晶引上軸
1 2 2 … 第2方向
1 2 4 … シード結晶
1 2 6 … 充填物
1 2 8 … インゴット
1 3 0 … チャンバー蓋
1 3 2 … 冷却ポート
9 1 4 … 蓋
9 1 6 … 熱保存物質
1 3 0' … 接触面

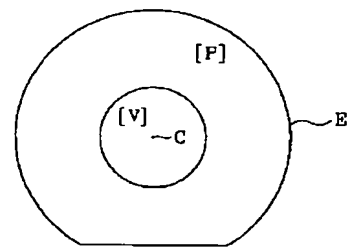
【図 1】



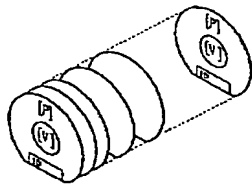
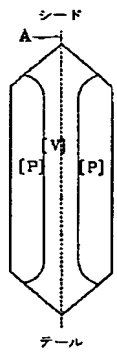
【図 2】



【図 3】

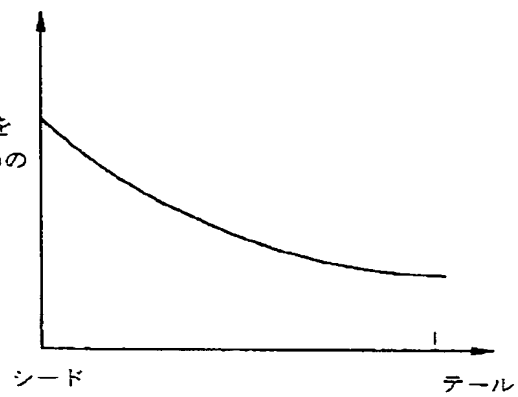


【図 4】

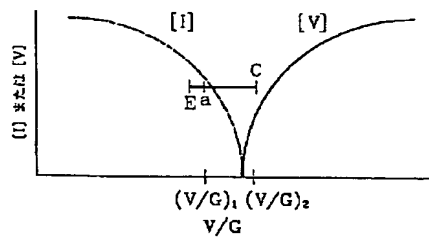


臨界 V/G を
維持するための
引上速度

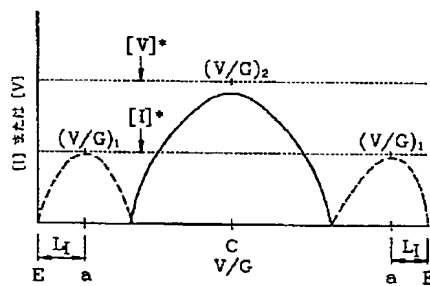
【図 5】



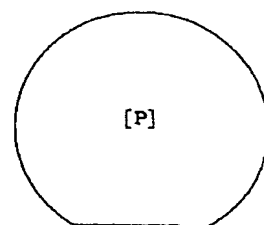
【図 6】



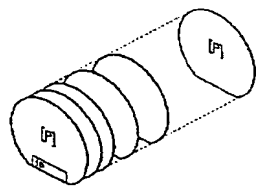
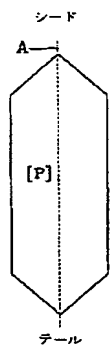
【図 7】



【図 8】

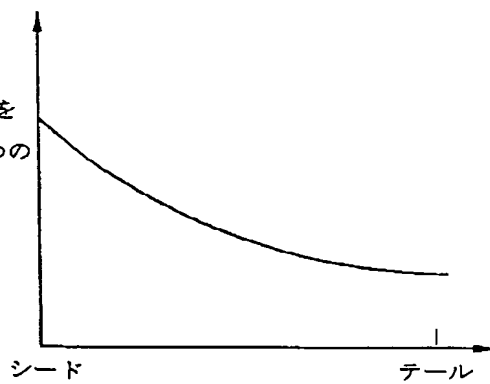


【図9】

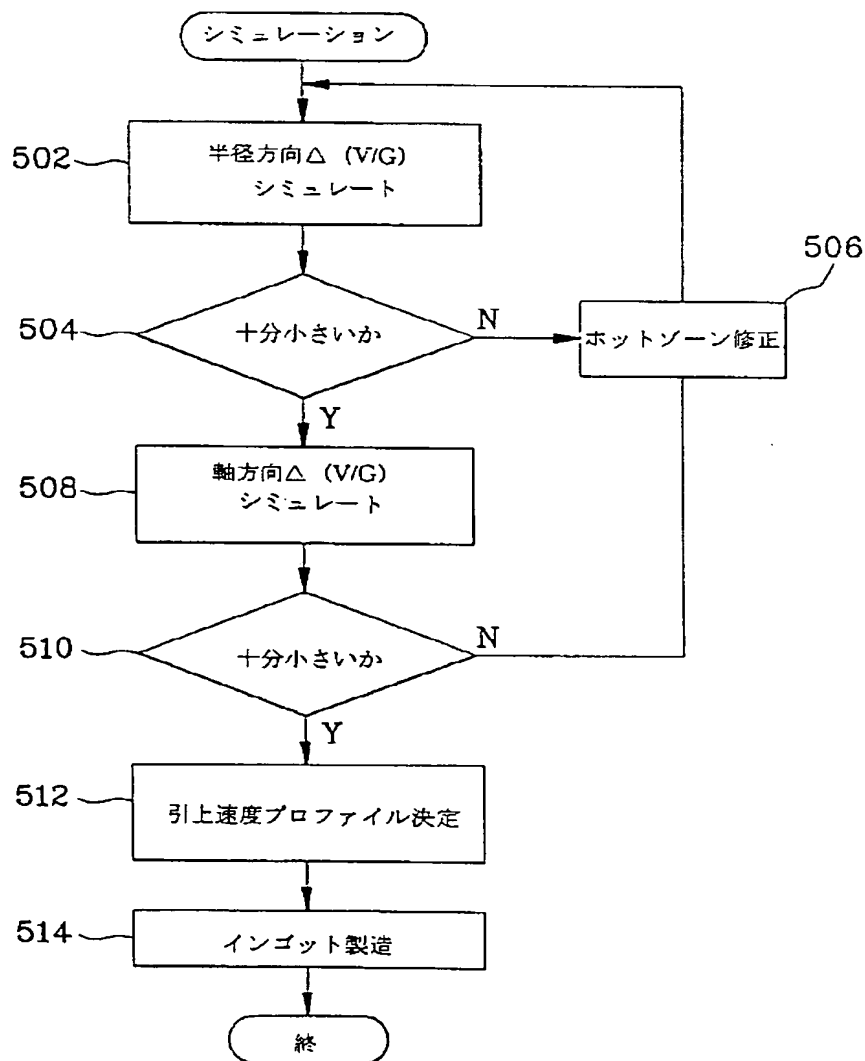


臨界 V/G を
維持するための
引上速度

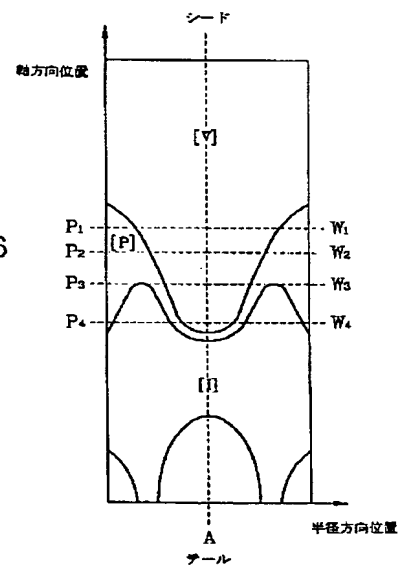
【図10】



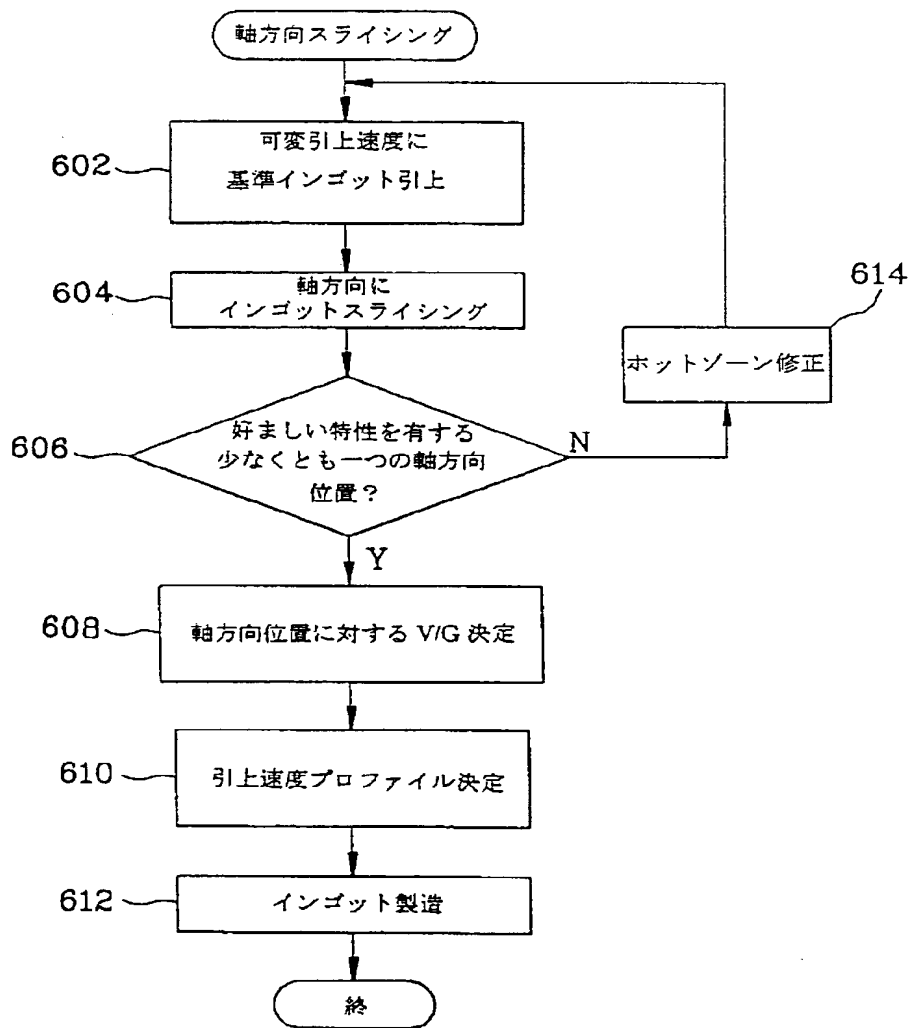
【図11】



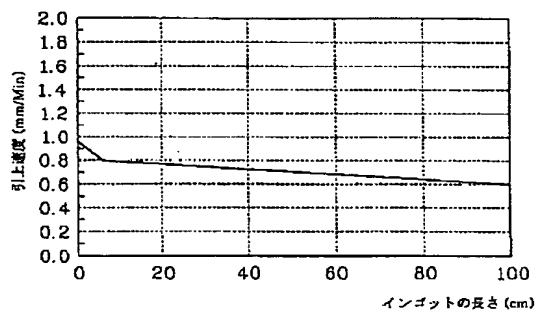
【図17】



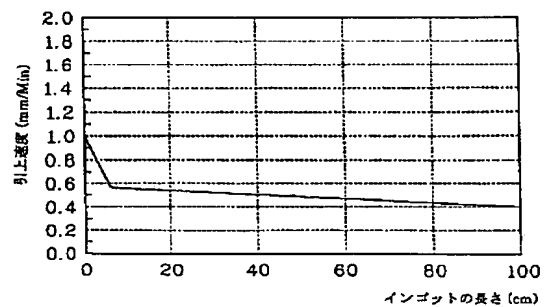
【図12】



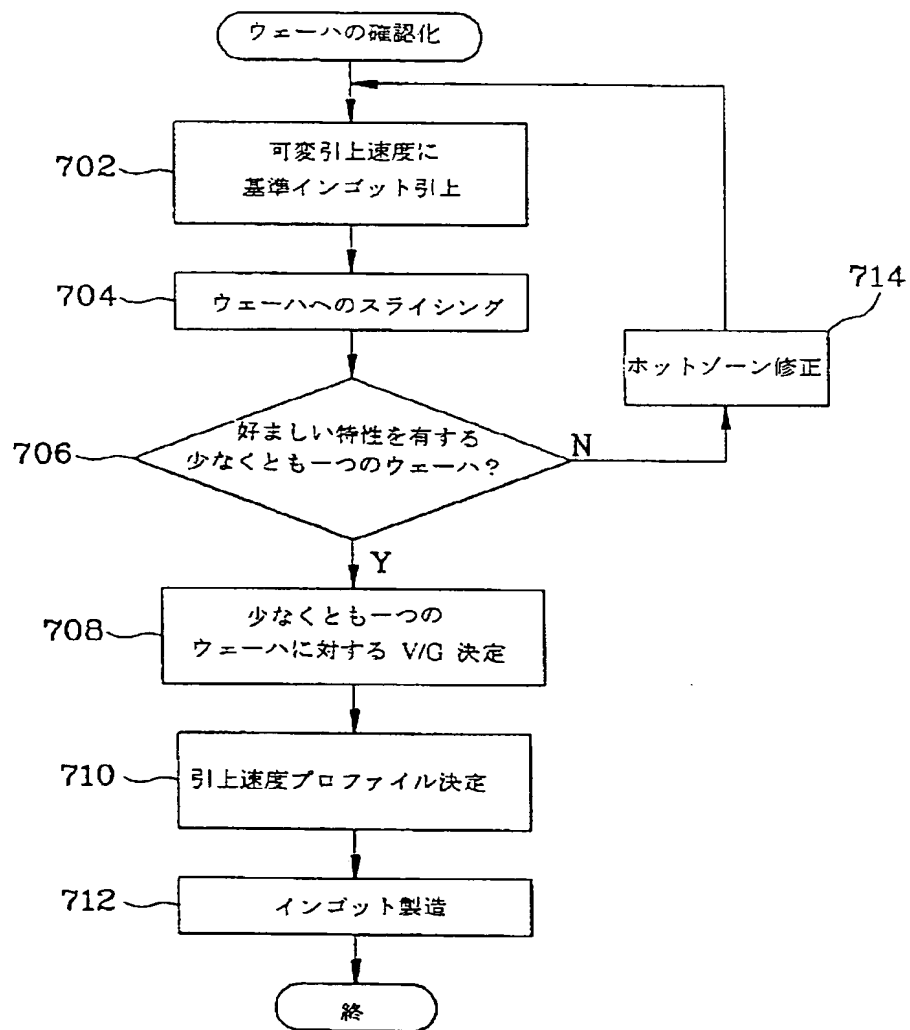
【図19】



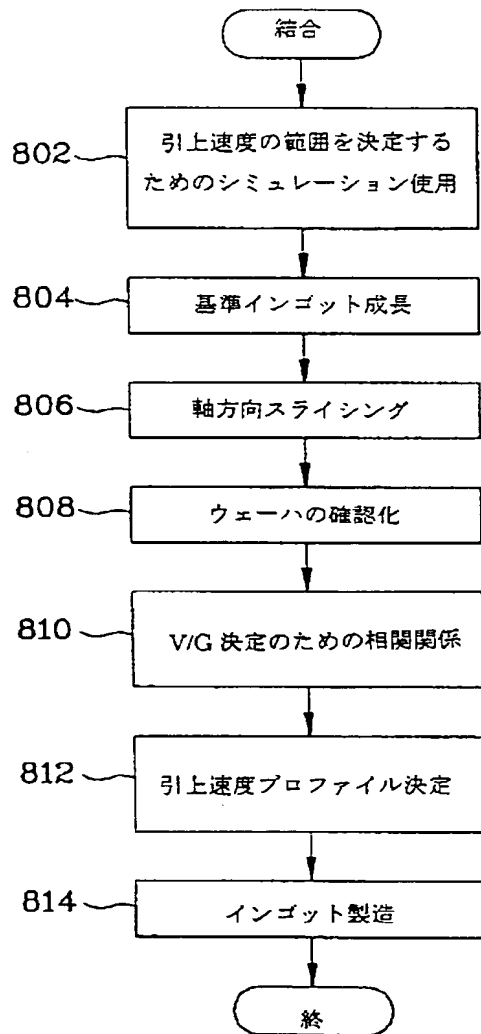
【図20】



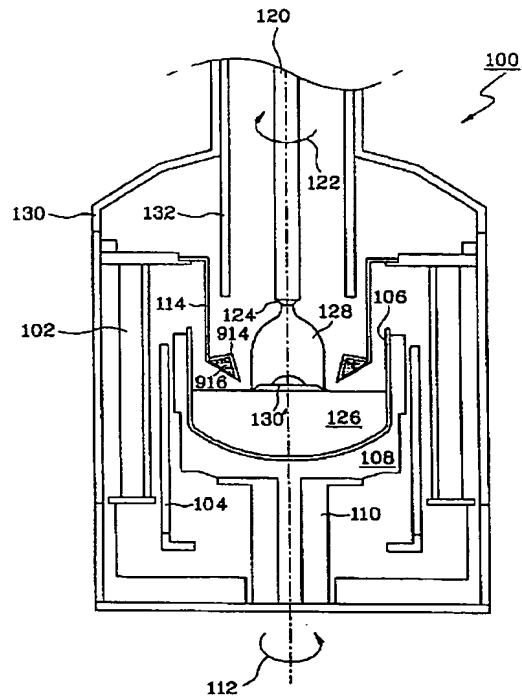
【図13】



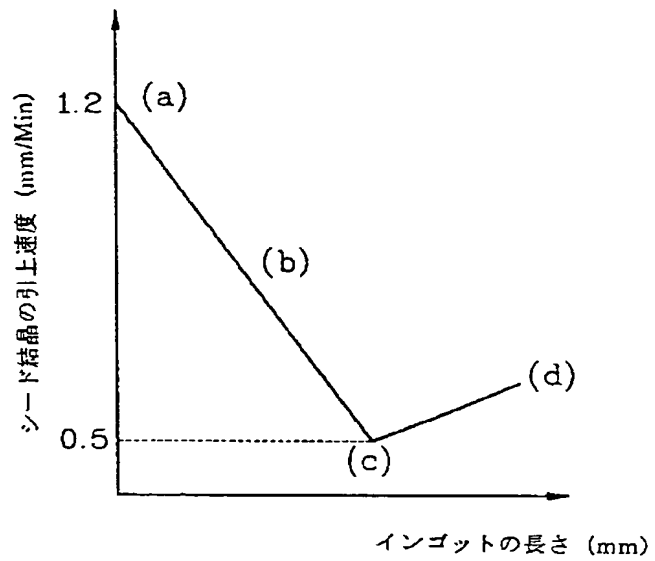
【図 14】



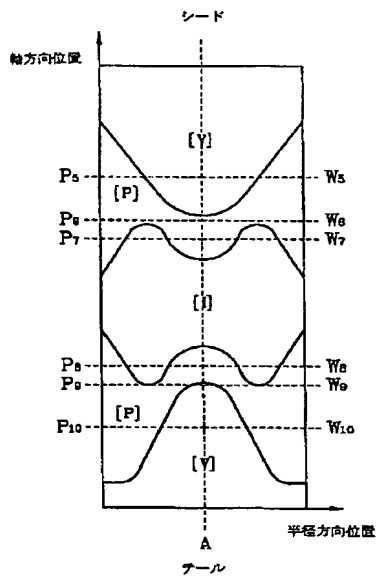
【図 15】



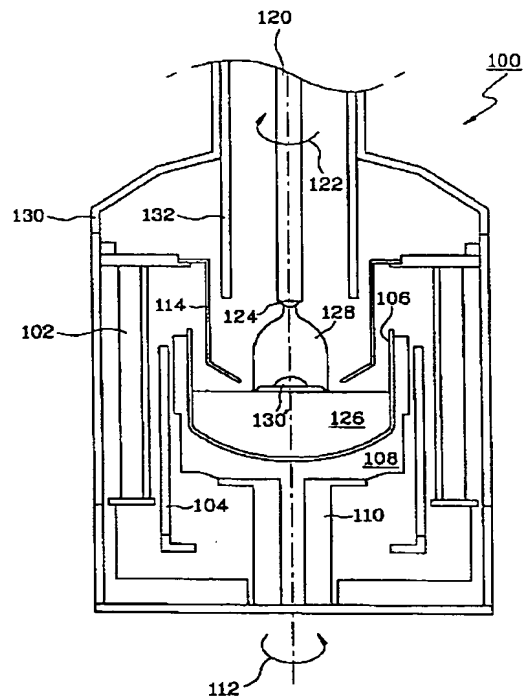
【図 16】



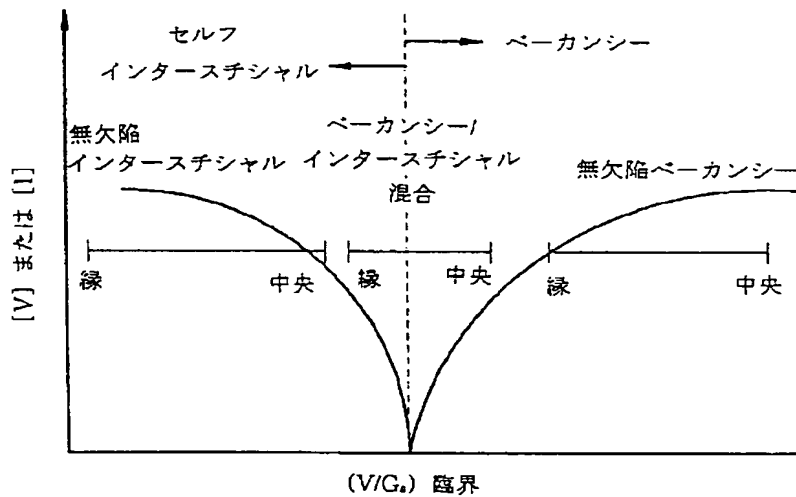
【図18】



【図21】



【図22】



【手続補正書】

【提出日】平成10年4月8日

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 インタースチシャル固まりを防止することができるように十分高いが、ベーカンシー固まりをインゴットの軸方向に沿ってベーカンシー豊富領域内に制限させることができるように十分に低い引上速度（pull rate）プロファイルでホットゾーン炉内のシ

リコン溶融物からインゴットを軸方向に引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 2】 前記引上段階の以後に、前記引上られたインゴットをベークンシー固まりを含むその中央のベークンシー豊富領域と、ベークンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間にベークンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有する複数のセミアパーフェクトウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 3】 前記引上段階に先行して、前記インゴットと溶融物との接触面でインタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、温度勾配に対する引上速度の第 1 臨界比を決定する段階と、前記インゴットと溶融物との接触面でベークンシー固まりを前記インゴットの中央にあるベークンシー豊富領域内に制限させるために超えない、温度勾配に対する引上速度の第 2 臨界比を決定する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時インゴット内で前記温度勾配に対する引上速度の比が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを決する段階とが遂行されることを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたり可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングさせる段階と、最小のベークンシー豊富領域を有するし、インタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記確認されたウェーハのインゴット内での位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 5】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から該第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたり可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 4 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 6】 前記引上速度は一定の範囲の引上速度に

わたり線形的 (linearly) に可変することを特徴とする請求項 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 7】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたり可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内で最小のベークンシー豊富領域を有し、インタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向位置を確認する段階と、前記確認された少なくとも一つの軸方向位置の引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 8】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から該第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、該第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって変化する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 7 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 9】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項 8 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 10】 前記第 1 臨界比及び第 2 臨界比を決定する段階は、ボロンコブの理論から前記第 1 及び第 2 臨界比を確認する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴットの引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記インゴットが前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを決する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 に記載のホットゾーン炉での

シリコンインゴット製造方法。

【請求項 11】 前記ウェーハはウェーハの面積を有し、前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも 36%であることを特徴とする請求項 2 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 12】 前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも 60%であることを特徴とする請求項 11 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 13】 前記引上段階の以前に、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、最小のペーカンシー豊富領域を有しながら、インタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内での前記確認されたウェーハの位置から、前記最小のペーカンシー豊富領域を有し、インタースチシャル固まりがない確認されたウェーハに対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファイルを設定する段階とを遂行することを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 14】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 13 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 15】 前記引上段階の以前に、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内で最小のペーカンシー豊富領域を有しながら、インタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向位置を確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内での前記少なくとも一つの軸方向位置から、前記最小のペーカンシー豊富領域を有

し、インタースチシャル固まりがない前記少なくとも一つの軸方向位置に対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時前記比率を維持する引上速度プロファイルを設定する段階とを遂行することを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 16】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 15 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 17】 前記引上段階の以前に、インゴットの引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を設定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を設定する段階と、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度、軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及びボロンコブ理論から、インタースチシャル固まりを防止しインタースチシャル固まりをインゴットの軸方向に沿ってペーカンシー豊富領域内に制限する範囲で半径方向及び軸方向温度勾配に対する引上速度の比率を維持する引上速度プロファイルを設定する段階とを遂行することを特徴とする請求項 1 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 18】 インタースチシャル固まりを防止することができるといって高いが、ペーカンシー固まりを防止できるといって低い、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内の溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 19】 前記引上段階以後に、前記引上されたインゴットをペーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない複数の無欠陥ウェーハにスライシングする段階が遂行することを特徴とする請求項 18 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 20】 前記引上段階に先行して、インタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第 1 臨界比及びペーカンシー固まりを防止するために超えない、インゴット-溶融物の接触面での

温度勾配に対する引上速度の第 2 臨界比を決定する段階と、

インゴットが前記ホットゾーン炉内でシリコン溶融物から引上される時、温度勾配に対する引上速度の比が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下で維持される引上速度プロファイルを設定する段階とが遂行されることを特徴とする請求項 18 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 21】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 20 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 22】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度で、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度で引上速度の範囲にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 21 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 23】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項 22 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 24】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライスされた基準インゴット内でベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向位置を確認する段階と、前記確認された少なくとも一つの軸方向位置での引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 20 に記載のホットゾーンでのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 25】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度で前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 24 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 26】 前記引上速度の範囲にわたって線形的に可変することを特徴とする請求項 25 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 27】 前記第 1 臨界比及び第 2 臨界比を決定する段階は、ボロコブの理論から前記第 1 及び第 2 臨界比を確認する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、インゴットが前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを設定する段階とを備えることを特徴とする請求項 20 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 28】 前記引上段階に先行して、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に、前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハに対してインゴット-溶融物接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファイルを設定する段階とを遂行することを特徴とする請求項 18 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 29】 前記一定の範囲の引上速度にわたって

可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項28に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項30】 前記引上段階に先行して、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライシングされた基準インゴット内でベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度と前記軸方向にスライシングされたインゴット内での前記少なくとも一つの軸方向の位置から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記少なくとも一つの軸方向の位置に対してインゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の比率を計算する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上される時、前記比率を維持する引上速度プロファイルを設定する段階とを遂行することを特徴とする請求項1に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項31】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項30に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項32】 前記引上段階に先行して、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記半径温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度、軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及びボロンコブ理論から、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりを防止する範囲内で半径及び軸方向温度勾配に対する引上速度の比率を維持する引上速度プロファイルを設定す

る段階とを遂行することを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項33】 ベーカンシー固まりを含むその中央のベーカンシー豊富領域と、インタースチシャル点欠陥を含むが、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記ベーカンシー豊富領域とウェーハの縁部位の間の無欠陥領域を有するセミアパーフェクトウェーハを生産する、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内のシリコン溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項34】 前記引上段階以後に、前記引上されたインゴットをベーカンシー固まりを含むその中央のベーカンシー豊富領域と、ベーカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない前記ベーカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間の無欠陥領域を有する複数のウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項33に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項35】 前記引上段階に先行し、インタースチシャル固まりを防止するために維持しなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第1臨界比を決定する段階と、ベーカンシー固まりを前記インゴットの中央のベーカンシー豊富領域内に制限させるために超えない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第2臨界比を決定する段階と、インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時、インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを設定する段階とが遂行されることを特徴とする請求項18に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項36】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、最小のベーカンシー豊富領域を有しながらインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項35に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項37】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上

速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 3 6 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 3 8】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項 3 7 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 3 9】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、前記軸方向にスライスされた基準インゴット内で最小のベカンシー豊富領域を有しインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、前記確認された少なくとも一つの軸方向位置の引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 0】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第 1 引上速度から前記第 1 引上速度より低い第 2 引上速度に、前記第 2 引上速度より高い第 3 引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項 3 9 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 1】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項 4 0 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 2】 前記第 1 臨界比及び第 2 臨界比を決定する段階は、ボロンコブの理論から前記第 1 及び第 2 臨界比を確認する段階と、インゴット引上の間に、前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に、前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、前記半径方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、インゴット

が前記ホットゾーン炉内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とを備えることを特徴とする請求項 3 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 3】 前記ウェーハはウェーハの面積を有しながら、前記無欠陥領域は前記ウェーハ面積の少なくとも 3 6 %であることを特徴とする請求項 3 4 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 4】 前記無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも 6 0 %であることを特徴とする請求項 4 3 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 5】 点欠陥を含むが、インタースチシャル固まり及びベカンシー固まりがないパーフェクトウェーハを生産する、インゴットの引上速度プロファイルでホットゾーン炉内のシリコン溶融物からインゴットを引上げる段階を備えることを特徴とするホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 6】 前記引上段階以後に、前記引上されたインゴットをベカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない複数の無欠陥ウェーハにスライシングする段階が遂行されることを特徴とする請求項 4 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 7】 前記引上段階に先行して、インタースチシャル固まりを防止するために維持されなければならない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第 1 臨界比及びベカンシー固まりを防止するために超えない、インゴット-溶融物の接触面での温度勾配に対する引上速度の第 2 臨界比を決定する段階と、

インゴットが前記ホットゾーン炉でシリコン溶融物から引上される時、温度勾配に対する引上速度の比が前記第 1 臨界比以上及び前記第 2 臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とが遂行されることを特徴とする請求項 4 5 に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項 4 8】 前記第 1 臨界比と第 2 臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットをウェーハにスライシングする段階と、ベカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないウェーハを確認する段階と、前記確認されたウェーハの引上速度とインゴット内で前記確認されたウェーハの位置から前記第 1 及び第 2 臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項 4

7に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項49】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第3引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項48に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項50】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項49に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項51】 前記第1臨界比と第2臨界比を決定する段階は、一定の範囲の引上速度にわたって変化する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階と、前記基準インゴットを軸方向にスライシングする段階と、

前記軸方向にスライスされた基準インゴット内でベカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがない、少なくとも一つの軸方向の位置を確認する段階と、前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置の引上速度と前記軸方向にスライスされたインゴット内で前記確認された少なくとも一つの軸方向の位置から前記第1及び第2臨界比を計算する段階とを備えることを特徴とする請求項47に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項52】 前記一定の範囲の引上速度にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から基準インゴットを引上させる段階は、第1引上速度から前記第1引上速度より低い第2引上速度に、前記第2引上速度より高い第2引上速度に引上速度の範囲にわたって可変する引上速度に前記ホットゾーン炉内のシリコン溶融物から前記基準インゴットを引上させる段階を備えてなることを特徴とする請求項51に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項53】 前記引上速度は引上速度の範囲にわたって線形的に変化することを特徴とする請求項52に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項54】 前記第1臨界比及び第2臨界比を決定する段階は、ボロンコブの理論から前記第1及び第2臨界比を確認する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレーション作動によって半径方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、インゴット引上の間に前記ホットゾーン炉のシミュレ-

ーション作動によって軸方向温度勾配プロファイルに対する引上速度を決定する段階と、

前記半径温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度及び軸方向温度プロファイルに対するシミュレーションされた引上速度から、インゴットが前記ホットゾーン内の溶融物から引上される時、前記インゴット内の温度勾配に対する引上速度の比率が前記第1臨界比以上及び前記第2臨界比以下に維持される引上速度プロファイルを決定する段階とを備えることを特徴とする請求項47に記載のホットゾーン炉でのシリコンインゴット製造方法。

【請求項55】 一つのシリコンインゴットから製造された複数のセミー無欠陥単結晶シリコンウェーハとして、前記各セミー無欠陥単結晶シリコンウェーハはベカンシー固まりを含めてその中央に位置するベカンシー豊富領域と前記ベカンシー豊富領域とウェーハの縁部分の間に位置しベカンシー固まりとインタースチシャル固まりがない無欠陥領域を有しながら、前記各ウェーハのベカンシー豊富領域は同一直径を有することを特徴とする複数のセミー無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項56】 前記各ウェーハはその上に確認標識がさらに含まれ、前記各ウェーハ上の前記確認標識は各ウェーハが一つのシリコンインゴットから製造されたことを表すことを特徴とする請求項56に記載の複数のセミー無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項57】 前記各ウェーハは同じウェーハの面積を有し、前記各ウェーハの無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも36%であることを特徴とする請求項55に記載の複数のセミー無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項58】 前記各ウェーハの無欠陥領域は前記ウェーハの面積の少なくとも60%であることを特徴とする請求項57に記載の複数のセミー純粋単結晶シリコンウェーハ。

【請求項59】 一つのシリコンインゴットから製造された複数の無欠陥単結晶シリコンウェーハとして、前記各無欠陥単結晶シリコンウェーハはベカンシー固まり及びインタースチシャル固まりがないことを特徴とする複数の、無欠陥単結晶シリコンウェーハ。

【請求項60】 前記各ウェーハはその上に確認標識がさらに含まれるし、前記各ウェーハ上の前記確認標識は各ウェーハが一つのシリコンインゴットから製造されたことを表すことを特徴とする請求項59に記載の複数の純粋単結晶シリコンウェーハ。

【請求項61】 密封体と、前記密封体内の釜と、前記釜に隣接されており、シャフト軸とシャフト端部を有する前記密封体内の結晶引上シャフトと、前記釜から前記シャフトを軸方向に引上する手段と、

前記釜を囲みながら前記密封体内の少なくとも一つのヒーターと、

前記釜と結晶引上シャフトの間に設置されその一端に熱保存物質を内蔵するカバーを含む熱遮断体とを備えてなることを特徴とする単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキープーラー。

【請求項 6 2】 前記熱遮断体は前記釜と結晶引上シャフトの間に設置された円筒型の熱遮断体で、釜に隣接した第 1 段から釜から離れた第 2 段に軸方向に延長されて

おり、

前記カバーは前記円筒型熱遮断体の第 1 段にあるものを特徴とする請求項 6 1 に記載の単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキープーラー。

【請求項 6 3】 前記熱保存物質はカーボンフェライトであることを特徴とする請求項 6 2 に記載の単結晶シリコンインゴットを成長させるためのチョクラルスキープーラー。

フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 0 8 / 9 8 9 5 9 1

(32) 優先日 1997 年 12 月 12 日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(72) 発明者 キョーチュル チョー

大韓民国, キュングキードー, ヨンギン
シティー, スージーエウプ, プーングデ
クチュンーリ, 698-2, ハンサンゲ ア
パートメント 110-1004

(72) 発明者 ゴンサプ リー

大韓民国, キュングキードー, スラン
シティー, チャンガンーグー, ソングジョ
クードング, 108-15, イブジ ハウジン
グ カー 402